

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ГАЗОДИНАМІЧНОГО ТИСКУ І МОДИФІКУВАННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ ВИЛИВКІВ ІЗ ЛИВАРНОГО СПЛАВУ А356

Доценко Ю.В., Селівьорстов В.Ю., Доценко Н.В., Тоцька А.І., Дмитренко О.І.
Національна металургійна академія України

Проведено аналіз сучасних модифікаторів, які використовують для обробки сплавів системи Al-Si та методів впливу на розплав, що кристалізується. Показані їх переваги та недоліки. Приведені результати дослідження впливу змінного газового тиску та модифікування на структуроутворення металу виливків із сплаву А356. Описано порядок технологічних операцій виготовлення виливка. Показано, що розроблена технологія дозволяє добитися стійкого ефекту подібнення структурних складових, зниження газової шпаристості і підвищення механічних властивостей виливків. **Ключові слова:** модифікування, газодинамічний вплив, ливарний сплав, виливок, технологія, механічні властивості.

Постановка проблеми. Властивості литого металу залежать від цілого ряду чинників різної значущості. Тому розробка досить універсальних технологічних процесів, направлених на зниження непродуктивних втрат металу з одного боку, і на підвищення його якості – з іншого, незмінно є актуальним завданням технологів і дослідників.

Одним з найбільш поширених засобів досягнення цієї мети є модифікування. Крім того, до методів активної дії на формування структури злитків та виливків можна віднести процеси, пов'язані із застосуванням тиску, введенням в розплав пружних коливань, дії концентрованими джерелами енергії [1-7]. При цьому, вказані процеси мають, зокрема, певну технологічну специфіку, свої переваги і недоліки.

Аналіз попередніх публікацій. За сучасними уявленнями будова металевого розплаву не є гомогенною. У деякому інтервалі температур повного змішування атомів не відбувається, а виникають мікрообласті із структурою ближнього порядку, характерною для кристалічної фази. Ці утворення називають по-різному: атомними угрупованнями, скупченнями, згустками, острівцями, комплексами атомів, кластерами і т.п. Їх щільність і розміри залежать від стану розплаву. Із збільшенням ступеня перегріву вони диссоціюють, наближаючись до однорідної суміші різнорідних атомів. Але в передкристалізаційний період і в процесі кристалізації існуючі в розплаві атомні угруповання служать ініціаторами зародження одноіменних кристалів. У евтектичному розплаві Al-Si такими підготовчими до кристалізації атомними скупченнями є кластери кремнію, що кристалізуються, із структурою, близькою до структури кристала або гетерофазні комплекси атомів кремнію (ГФКА Si), на базі яких і відбувається утворення кристалів кремнію.

Ефективний спосіб зміни морфології фаз, що кристалізуються, – їх твердіння в різко нерівноважних умовах [2-4, 6-15]. При цьому створюються умови для подібнення зерна, значного розширення розчинності в твердому стані, пригнічення зростання грубих включень первинних інтерметалідів. Зокрема, в технологічних схемах лиття з кристалізацією сплавів під тиском тиск, що прикладається до розплаву в процесі твердіння, значно впливає на характер кристалізації. Збільшення швидкості охолодження приводить до відповідного зростання швидкості кристалізації, яка змінюється в результаті впливу тиску при кристалізації на число центрів і швидкість росту зародків. Швидкості охолодження зростають залежно від габаритів виливків, температурних умов лиття, методу пресування від 2-3 до 10 і більше разів [1]. Підвищення швидкості охолодження кольорових сплавів, заснованих

на системах з обмеженою розчинністю, приводить до зміни структури і легування твердого розчину, пов'язаних з дендритною ліквідацією і утворенням квазіевтектики. В даний час в багатьох роботах достатньо детально розглянуті питання отримання якісних виливків при кристалізації під тиском, створюваним поршнем, пуансоном, або всебічним газовим тиском [1, 7, 10]. При всіх вказаних способах ефективність дії протягом часу твердіння виливка обернено пропорційна товщині затверділого шару металу, оскільки зовнішній тиск в тому або іншому вигляді прикладається до її поверхні. З технологічної точки зору цей процес має ряд відомих недоліків, що стосуються, зокрема, необхідності наявності спеціального устаткування, обмежень по масі, виду сплаву, конфігурації литих заготовок та ін.

Ціль досліджень – є аналіз способів сумісної дії на розплав тиску і обробки модифікуючим препаратом.

Основний матеріал. У теперешній час все більше застосування в якості модифікаторів ливарних сплавів одержують ультрадисперсні порошки хімічних сполук (нанопорошки), які виконують роль додаткових центрів кристалізації при первинній кристалізації.

У роботі [13] досліджували можливість застосування комплексного модифікатора системи Al-Sr-Ti-B у вигляді нанопорошків, одержаних з лігатури цієї системи методом електроерозійного диспергування у вуглецьвмісних середовищах (газ, трансформаторне масло). Механічні властивості сплаву, модифікованого комплексним модифікатором Al-Sr-Ti-B, на основі нанопорошку виявилися вищими, ніж у сплаву, модифікованого звичайним модифікатором Al-Sr-Ti-B. Значення межі міцності і відносного подовження сплаву, обробленого модифікатором на основі нанопорошку складо для зразків відлитих в кокіл 380-400 МПа і 6%, а для вирізаних з виливків 280-320 МПа і 7%. Показники зберігалися при тривалому вистоюванні розплаву (до 2 г).

Одним з ефективних способів дії на метал, що кристалізується, є, зокрема, газодинамічна дія [14, 15]. При здійсненні такого процесу до моменту початку подачі газу на поверхню робочої порожнини ливарної форми, повинен сформуватися шар твердого сплаву такої товщини, який може забезпечити герметичність системи аж до повного твердіння виливка.

Також до методів дій на метал, що кристалізується, що знайшли практичне застосування, відносяться методи, що використовують введення в розплав пружних коливань.

Всі види вібраційної обробки твердіючих розплавів характеризуються наступними особливостями: наявністю макроконцентрацій об'ємів металу і його перемішуванням, виникненням пружних коливань в розплав і переміщенням мікрооб'ємів розплаву, ви-

никненням і розвитком кавітації. Механізм подрібнення первинного зерна при вібраційній обробці можна звести до наступних основних процесів [6, 7, 12]: гетерогенному і гомогенному зародженню центрів кристалізації, руйнуванню дендритів, активації тугоплавких домішок, що стають центрами кристалізації.

Наявність макроконцентрацій об'ємів металу сприяє розподілу центрів кристалізації. Основним механізмом подрібнення зерен є руйнування дендритів під дією вигинаючих напруг. При низьких частотах головною складовою є сила опору дендриту потоку в'язкої рідини, що коливається біля нього. При підвищенні частоти коливань (ультразвукові коливання) до цієї сили додається інерційна сила, обумовлена різницею щільності твердого дендриту і оточуючої його рідини. При ще більших частотах виникає так званий акустичний вітер – направлений рух рідини, обумовлений виникненням різниці тиску у напрямі випромінювання.

Низькочастотна вібрація, вживана на практиці, характеризується частотою до 200 Гц і амплітудами, що в основному не перевищують 2-3 мм. Наявність в металі, що кристалізується, хвиль стиснення і розтягування, може приводити до розвитку кавітації. Цим пояснюється інтенсивна дегазація металу і значне поліпшення макроструктури злитків киплячої сталі – збільшення товщини кірки і зміни зони розташування вторинних міхурів.

Ефективність перемішування макрооб'ємів незначна. Тому невелика і можливість впливу макропотоків на руйнування кристалів на фронті кристалізації. На ефективність застосування вібраційної обробки сплавів впливають місце і напрям вібраційного імпульсу, розміри, питома вага і міжфазні властивості неметалічних включень, плаваючих кристалів, твердих частинок тугоплавких оксидів, карбідів, інтерметалідів і інших монодисперсних частинок. Наприклад, під впливом однієї і тієї ж хвилі плаваючі кристали і центри кристалізації, що мають більшу питому вагу, чим середовище, завжди рухатимуться до межі твердіння, а неметалічні включення – в протилежному напрямі. Практикою підтверджується тільки вплив низькочастотної вібрації на подрібнення мікроструктури злитків і виливків. Позитивного впливу на зниження зональної ліквідації і хімічної неоднорідності при режимах обробки, що застосовувалися, не спостерігається [1, 7].

До головних особливостей обробки розплавів ультразвуковими коливаннями можна віднести: виникнення і розвиток кавітації і акустичних потоків в об'ємі оброблюваного розплаву; порівняно невисоку енергію ультразвуку, що трансформується в могутні ударні хвилі поблизу бульбашок, що закриваються, які, впливаючи на рідку фазу і двофазну зону, викликають диспергування кристалів, зародження центрів кристалізації і активацію твердих частинок; створення направленного акустичного потоку [2, 4, 11]. До недоліків ультразвукової дії на розплав можна віднести: малу амплітуду коливань, яка менше величини контактних зазорів між вилівкою і формою, що викликає необхідність введення ультразвукових коливань безпосередньо в розплав; розсіювання ультразвукових хвиль в невеликому об'ємі поблизу хвилеводу, що не дозволяє

обробляти значні об'єми металу; важкі умови роботи занурених в розплав хвилеводів, обумовлюючих їх низьку стійкість, а також їх ерозію, що викликає небезпеку забруднення розплаву.

Через вказані причини ультразвукова обробка знайшла застосування при порівняно невеликих розмірах форми, при безперервному розливанні алюмінію і інших легкоплавких сплавів, а також при отриманні ряду сплавів з особливими властивостями в процесах вакуумно-дугової плавки, електрошлакової переплавки, зонної плавки [4]. Ультразвукову енергію при використанні в цих технологіях проводять через тверду підставу злитка.

Важливою особливістю методу дії на розплав джерелами концентрованої енергії є велика потужність енергії, що виділяється, в порівняно короткий проміжок часу. Це приводить до виникнення ударної хвилі. Електрогідропульсна обробка приводить до прискорення процесу кристалізації металу, зона трансформізації зменшується в 2-4 рази. Розміри розорієнтованих дендритів зменшуються в 2-5 разів. Проте, амплітуда коливань вихідних ланок звичайно незначна, ефект обробки залежить від якості контакту робочого органу з оброблюваною поверхнею. Використання системи бічних розрядних пристроїв в системі стінка виливниці – затверділий шар – розплав пов'язано з високими втратами механічної енергії і звуженням спектру частот, що генеруються [2].

У лабораторії сучасних матеріалів Аріельського університетського центру були проведені дослідження впливу змінного газового тиску на структуроутворення металу виливків із сплаву А356. Результати лабораторних досліджень показали підвищення механічних властивостей литого металу і зниження шпаристості циліндричних виливків із сплаву А356 діаметром 50 мм та висотою 100 мм. У порядок технологічних операцій виготовлення вилівка були включені наступні етапи: проведення рафінування (препарат DEGASAL T 200 і модифікування нанопорошком TiCN, введення в робочу порожнину форми пристрою для подачі газу оригінальної конструкції, витримка вилівка з пристроєм протягом заданого проміжку часу, подача газу (аргону) з початковими показниками тиску 0,15-0,2 МПа, подальше нарощування тиску до 1,3-1,4 МПа і витримка під тиском до повного твердіння вилівка. Приведені дані свідчать про те, що в результаті газодинамічної дії та модифікування вдалося подрібнити структурні складові, внаслідок чого збільшилися на 20-25% пластичні властивості литого металу і на 8-12% збільшилася його щільність.

Висновки.

1. Вплив газодинамічної дії і модифікування на розплав дозволяє добитися стійкого ефекту подрібнення структурних складових, зниження газової шпаристості і підвищення механічних властивостей виливків.

2. Дані проведених досліджень показали, що при використанні сумісної дії на метал, що кристалізується, для отримання необхідних властивостей виливків можливо зниження кількості вживаного модифікуючого препарату, температури розплаву, часу його обробки.

Список літератури:

1. Затвердевание металлического расплава при внешних воздействиях [Текст] / А.Н. Смирнов, В.Л. Пилушенко, С.В. Момот, В.Н. Амитан. – Д.: Издательство «ВИК» – 2002. – 169 с.
2. Ефимов В.А. Перспективы развития работ по применению внешних воздействий на жидкий и кристаллизующийся расплав [Текст] / В.А. Ефимов. – Киев: Изд. ИПЛ АН УССР. – 1983. – С. 3-65.

3. Немененок Б.М. Теория и практика комплексного модифицирования силуминов [Текст] / Б.М. Немененок – Мн. Технопринт, 1999. – 272 с.
4. Скворцов А.А. Влияние внешних воздействий на процесс формирования слитков и заготовок [Текст] / А.А. Скворцов, А.Д. Акименко, В.А. Ульянов. – М.: Металлургия, 1995. – 272 с.
5. Ефимов В.А. Физические методы воздействия на процессы затвердевания сплавов [Текст] / В.А. Ефимов, А.С. Эльдарханов. – М.: Металлургия, 1995. – 272 с.
6. Эльдарханов А.С. Процессы кристаллизации в поле упругих волн [Текст] / А.С. Эльдарханов. – М.: Металлургия, 1996. – 256 с.
7. Скребцов А.М. О некоторых возможностях измельчения зерна металла отливки при внешнем воздействии на затвердевающий расплав [Текст] / А.М. Скребцов, Л.Д. Дан, А.О. Секачев и др. // Металл и литье Украины. 1996. – № 1-2. – С. 30-34.
8. Борисов Г.П. Давление в управлении литейными процессами [Текст] / Г.П. Борисов. – К.: Наукова думка, 1988. – 271 с.
9. Абрамов О.Б. Кристаллизация металлов в ультразвуковом поле [Текст] / О.Б. Абрамов. – М.: Металлургия, 1972. – 256 с.
10. Пилюшенко В.Л. Влияние виброимпульсного воздействия на условия затвердевания стали [Текст] / В.Л. Пилюшенко, А.Н. Смирнов. – В кн.: Черная металлургия. Наука – технология – производство. М.: Металлургия, 1989. – С. 162-171.
11. Ульянов В.А. Кинетика формирования стальных слитков при пассивных и активных внешних воздействиях [Текст] / В.А. Ульянов, Е.М. Китаев, А.А. Скворцов // Процессы литья. – 1993, № 4. – С. 38-43.
12. Скребцов А.М. Формирование структуры и конуса осаждения слитка или отливки при внешнем воздействии на поверхность расплава [Текст] / Л.А. Дан, В.Б. Килочкин // Металл и литье Украины. – 1994. – № 7-8. – С. 5-9.
13. Возможность использования комплексного модификатора длительного действия на основе нанопорошков длительного действия для повышения качества отливок из алюминиевых сплавов [Текст]: Новые материалы и технологии в машиностроении – 2005. Сб. трудов IV Международной научно-технической конференции / Брянск: БГИТА. – 2005. – С. 17-23.
14. Селиверстов В.Ю. Технология газодинамического воздействия на расплав в литейной форме – один из перспективных способов повышения качества металла отливок [Текст] / В.Ю. Селиверстов // Сучасні проблеми металургії. Наукові праці. Днепропетровск: Системні технології. – 2007. – Том 10. – С. 25-35.
15. Селиверстов В.Ю. Перспективы применения комбинированных способов управления структурообразованием литого металла [Текст] / В.Ю. Селиверстов, Ю.В. Доценко / Вісник ДДМА. – 2009. – № 1(15). – С. 267-273.

Доценко Ю.В., Селиверстов В.Ю., Доценко Н.В., Тоцкая А.И., Дмитренко О.И.
 Национальная металлургическая академия Украины

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ И МОДИФИЦИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА ОТЛИВОК ИЗ ЛИТЕЙНОГО СПЛАВА А356

Аннотация

Проведен анализ современных модификаторов, которые используют для обработки сплавов системы Al-Si и методов воздействия на кристаллизующийся расплав. Показаны их преимущества и недостатки. Приведены результаты исследования влияния переменного газового давления и модифицирования на структурообразование металла отливок из сплава А356. Описан порядок технологических операций изготовления отливки. Показано, что разработанная технология позволяет добиться устойчивого эффекта измельчения структурных составляющих, снижение газовой пористости и повышения механических свойств отливок.

Ключевые слова: модифицирование, газодинамическое воздействие, литейный сплав, отливка, технология, механические свойства.

Dotsenko Y.V., Selivorstov V.Y., Dotsenko N.V., Totska A.I., Dmytrenko O.I.
 National Metallurgical Academy of Ukraine

THE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF GAS-DYNAMIC PRESSURE AND MODIFICATION ON THE PROPERTIES OF CASTINGS FROM CASTING ALLOY A356

Summary

The analysis of the current modifiers, which are used for processing of alloys of the system Al-Si and methods of influence on the crystallizing melt is carried out. Their advantages and disadvantages are determined. Results of research of the influence of alternating gas-dynamic pressure and modifying the structure of metal castings of alloy A356 are represented. The technological operations in manufacturing castings are described. It is shown that the developed technology allows achieving a sustainable effect of grinding of structural components, reduction of gas pores and improvement of the mechanical properties of castings.

Keywords: modification, gas-dynamic effect, casting alloy, casting, technology, mechanical properties.